

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Ústav pro Životní prostředí

Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí

Studijní obor: Ochrana životního prostředí

Nízkoenergetické a pasivní domy

Energy saving buildings

Bakalářská práce

Řešitel: David Raška

Vedoucí: RNDr. Rudolf Přibil, Csc.

srpen 2010

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uváděných literárních zdrojů a podkladů a že předložená tištěná verze bakalářské práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Praze dne 23. 8. 2010

David Raška

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval RNDr. Rudolfu Přibilovi, Csc., za vstřícný přístup, věcné rady a doporučení, a Jarmile Handke za poskytnutí informací a strávený čas.

Abstrakt:

Práce se zabývá problematikou nízkoenergetických a pasivních domů, včetně předložení důvodů pro jejich výstavbu. Poukazuje na jejich vlastnosti a sledované parametry pro splnění požadovaných hodnot. Dále pojednává o nejdůležitějších podmínkách pro výběr polohy energeticky efektivních staveb a o doporučeném zónování místností dle světových stran v závislosti na slunečním záření. Uvádí možnosti složení konstrukčních částí a nejčastěji používané vytopné systémy pro energeticky efektivní stavby, které jsou svým provozem šetrnější k životnímu prostředí. Cílem je předložit ucelenou informaci o daném tématu tak, aby bylo možno vyvozovat závěry podporující praktické využití těchto staveb, a to především z hlediska potenciálu značných energetických úspor. Práce rovněž vypovídá o vývoji výstavby energeticky úsporných budov v České republice.

Abstract:

This work is concerned with questions of energy saving buildings, including introduction of reasons for their building-up. It refers about their characteristics and evaluated parameters for meeting it's requirements. Further it deals with the most important conditions for choosing of location for energy saving buildings and about recommended zoning of rooms according to cardinal points depending on solar radiation. Indicates the possibilities of composition components and the most commonly used heat systems for energy saving buildings, which are more environmentally friendly. The aim is to provide comprehensive informations about the topic so that inferences can be drawn to support the practical use of these buildings, especially in terms of potential for significant energy savings. Work also illustrates the evolution of building energy-efficient buildings in the Czech Republic.

Obsah

1. Úvod	6
1.2 Některé důležité termíny	6
2. Proč se zabývat nízkoenergetickými stavbami.....	8
3. Základní klasifikace nízkoenergetických budov.....	10
3.1 Nízkoenergetický dům.....	10
3.2 Energeticky pasivní dům.....	10
3.3 Energeticky nulový dům.....	10
3.4 Energeticky nezávislý dům.....	11
3.5 Plusenergetický dům.....	11
4. Hlavní zásady při navrhování staveb.....	12
4.1 Poloha.....	12
4.2 Prostorové a tvarové faktory energeticky efektivních staveb	13
5. Realizace stavby.....	14
5.1 Základy a podlaha.....	15
5.2 Stěny.....	15
5.3 Střecha.....	17
5.4 Okna a dveře	18
5.5 Vzduchotěsnost.....	20
5.6 Přerušení tepelných mostů.....	21
6. Zajištění tepla.....	22
6.1 Řízené větrání s rekuperací.....	23
6.2 Podlahové a stěnové vytápění.....	24
6.3 Tepelné čerpadlo.....	25
6.4 Solární systémy.....	27
6.5 Kondenzační plynový kotel.....	29
6.7 Kogenerační jednotka.....	29
7. Vývojové trendy energeticky efektivních domů v České republice.....	30
8. Závěr.....	31
9. Seznam citované a použité literatury a internetových zdrojů.....	32
Seznam zkratk.....	34
Příloha.....	36

1. Úvod

V dnešní době, kdy se počet obyvatel Země blíží 7 miliardám, se zatížení životního prostředí rapidně zvětšuje. Často dochází k situacím, které vyvolávají otázky ohledně získávání, využití a zajištění energie pro fungování zařízení, ať jde již o běžné domácnosti vyspělejších států nebo průmysl, zemědělství, dopravu atd.

Z těchto důvodů se v jako každé době, kdy probíhala, či hrozila energetická krize, zvyšuje zájem o alternativní zdroje energie (nebo náhradu za původní zdroj), nebo o úsporná opatření která by problém s dodáváním energie pomohla řešit.

Jedním z takovýchto úsporných opatření je stavba energeticky méně náročných budov a jejich nenáročný provoz – například tzv. nízkoenergetických nebo pasivních domů, kterých se týká tato práce, jejímž hlavním cílem je snaha obeznámit čtenáře se základními důležitými aspekty těchto staveb. Dále pak zdůvodnění, proč je jejich vývoj a výstavba důležitá a připomenout některé užívané stavební materiály, nastínit postupy a v neposlední řadě některá hojně užívaná zařízení, které jsou pro provoz nízkoenergetických a pasivních domů nepostradatelné. Tato práce si neklade ambice obsáhnout veškeré faktory týkající se tohoto tématu. Naopak je jedním z jejích cílů čtenáře povzbudit k dalšímu hlubšímu studiu energeticky úsporných budov, materiálů a postupů.

1.2 Některé důležité termíny

Primární energie – „výpočtem stanovené množství primární energie, tedy energie, která musí být přeměněna, aby bylo zajištěno potřebné množství konečné energie na provoz budovy. Obsahuje přeměnu energie například v elektrárně, energetické náklady na distribuci energie a další vyvolané energetické náklady.“ (Tywoniak, 2005)

Tepelný příkon budovy $[W/m^2]$ – množství tepla dodané pro zachování požadované vnitřní teploty vztažené na $1\ m^2$ obytné plochy

Součinitel prostupu tepla $U\ [W/(m^2.K)]$ – charakterizuje izolační schopnost materiálu (bez ohledu na jeho tloušťku) jednotlivých konstrukčních částí budovy. Slovy vyjádřeno tento

součinitel vyjadřuje, kolik tepelné energie projde za jednu sekundu (proto W) jednotkovou plochou (1 m^2) tepelné bariery (zeď, okno, dveře, atd), je-li rozdíl teploty před a za bariérou roven 1 K . Čím je U menší, tím je izolační schopnost materiálu větší. Reciproční hodnota U se nazývá tepelný odpor R a platí pro něj tudíž $R = 1/U$.

Tepelný odpor R [$(\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W}$] – schopnost materiálu konstrukce bránit průchodu tepla

Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$] – je fyzikální veličina, která udává míru schopnosti látky vést teplo. Je definována jako množství tepla, které musí za jednotku času projít tělesem, aby na jednotkovou délku byl jednotkový teplotní spád. Přitom se předpokládá, že teplo se šíří pouze v jednom směru. Je materiálovou konstantou zjišťovanou experimentálně.

Tepelný most – místo konstrukce umožňující zvýšený prostup tepelné energie z interiéru do okolí

Celková intenzita výměny vzduchu $n_{50} [\text{h}^{-1}]$ – udává míru vzduchotěsnosti (podíl množství vzduchu vztaženého na celkový objem interiéru, který pronikne netěsnostmi obvodového pláště za hodinu při přetlaku 50 Pa).

Rekuperace tepla - zpětné získávání tepla.

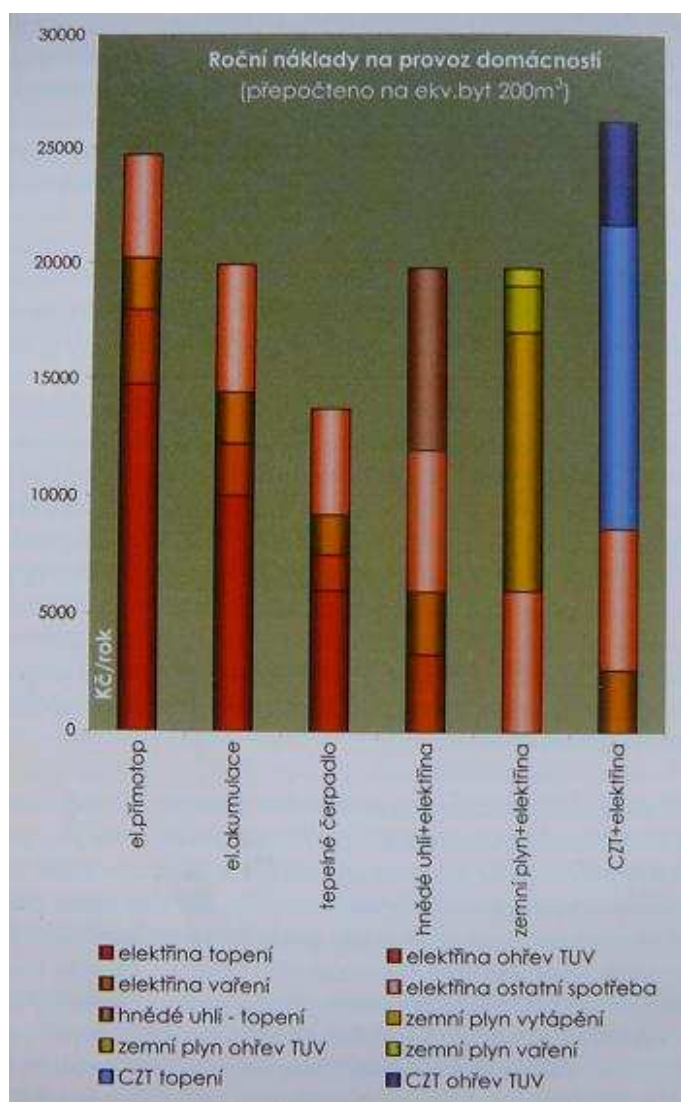
Poměr A/V – poměr plochy obvodového pláště $A [\text{m}^2]$ vůči zastavěnému objemu $V [\text{m}^3]$ budovy, čím menší hodnota je, tím je tvar stavby energeticky výhodnější. (Hudec, 2008)
Odborně se tato hodnota nazývá faktor tvaru.

Akumulační schopnost konstrukce – schopnost konstrukce akumulovat ve svém objemu teplo. Akumulační schopnost v teplých dnech zabraňuje přehřátí, v chladných dnech vychladnutí. Čím větší tepelný odpor R konstrukce, tím má horší akumulaci schopnost.

2. Proč se zabývat nízkoenergetickými stavbami

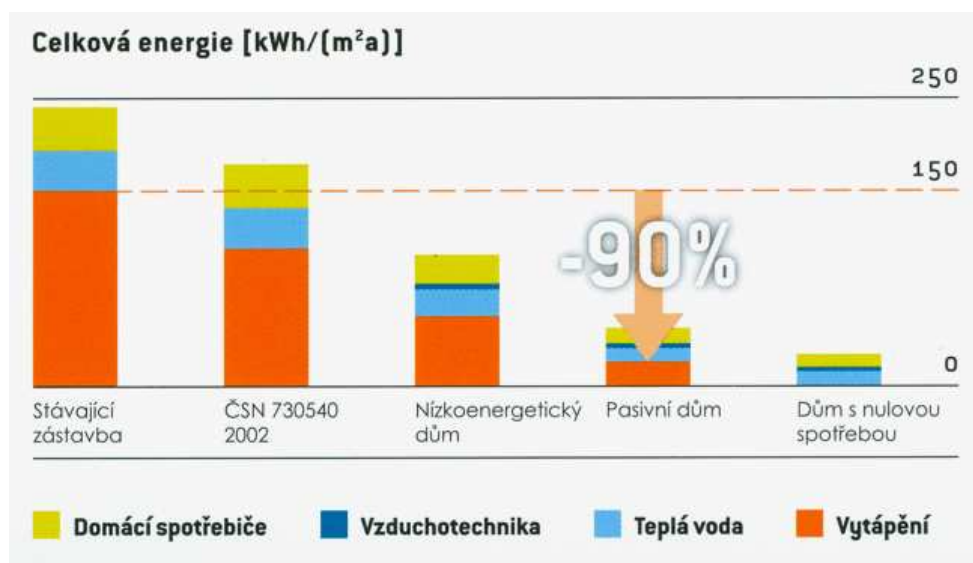
Jedním z prvních průkopníků nízkoenergetických staveb by mohl být označen již antický filozof Sokrates, který reagoval na energetickou krizi způsobenou vykácením lesů v Řecku návrhem vlastního domu, který byl navržen podle pohybu Slunce na obloze a dům se otevíral na jih jako trychtýř pro zajištění efektivního vyhřívání interiéru Sluncem a zároveň měl předsazenou střechu pro stínění v létě. Tento princip se využívá i dnes. Řecko ovšem nebylo jediným místem, kde se při stavbě domů bral zřetel na orientaci, tvar a polohu domu vůči Slunci a klimatickým podmínkám (např. v Číně metody mistrů Feng Shui). (Šmelhaus et al., 2004)

Podíl spotřeby celkové energie ve světě z primárních zdrojů pro provoz budov činí 48%. Když se tedy podíváme na obrázek 1, můžeme vidět, jak je tato spotřeba rozložena v domácnostech podle užitého media, využití a vypočtenou sumu k úhradě.



Obrázek 1: Roční náklady na provoz domácností (Zdroj: Šmelhaus, 2004)

Povšimněme si, že náklady spojené s „ostatní spotřebou“ a vařením jsou ve všech případech podobné a tudíž méně ovlivněné typem uváděných energetických medií a zaujímají vždy mnohem menší část nákladů spojených s vytápěním a ohřevem teplé užitkové vody (TUV). Při současných dostupných technologiích je možné snížit energii na vytápění a ohřev TUV až o 80-90%. (Šmelhaus et al., 2004, Nagy, 2009). Porovnání s energeticky úspornými stavbami, běžnými stavbami a Českými technickými normami (ČSN 730540:2002) ukazuje obrázek č.2.



Obrázek 2 Celková energie potřebná pro chod domácnosti v závislosti na typu stavby (Zdroj: Pasivni-stavby.com, 2010)

Z těchto poznatků vidíme, že takovýto úsporný dům ať už nízkoenergetický, pasivní, nebo jiného typu značně přispívá nejen k úspoře energie, ale je mnohem snazší udržet v něm podmínky pro pobyt třeba i v krizových situacích, jako je přerušení elektrické rozvodné sítě nebo přerušení dodávek, teplé vody, plynu atd. Navíc bezchybný návrh a realizace nám zaručí velice příznivé životní prostředí uvnitř interiérů se stabilnějšími teplotami, pomocí větracího řízeného systému stálý přívod čerstvého vzduchu bez škodlivin (prach, pach, nežádoucí organismy), vyřešení problémů s kondenzací vodních par a vlhkostí (čímž se zamezí degradaci materiálů a výskyt plísní) a snížení dopadů činnosti domu na okolní prostředí.

3. Základní klasifikace nízkoenergetických budov

3.1 Nízkoenergetický dům

Nízkoenergetický dům (NED) – Je dům, u kterého spotřeba tepla nepřesáhne $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. U kritérií tohoto domu se nebere ohled na tvar budovy. Další hlediska NED jsou doporučována, avšak nejsou jednoznačně požadována. Mezi hlavní vlastnosti patří dobrá tepelná izolace, neprůvzdušnost obvodových konstrukcí, omezení vlivu tepelných mostů, zvýšené solární zisky, řízené větrání s rekuperací tepla. (Nagy, 2009)

3.2 Energeticky pasivní dům

Energeticky pasivní dům (EPD) – U energeticky pasivních domů je kritérium spotřebovaného tepla na plochu přísnější a činí $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Dalším velmi přísným požadavkem je celková neprůvzdušnost budovy ($n_{50} 0,6 \text{ h}^{-1}$) (Tywoniak, 2005) .

Mezi další zásadní vlastnosti tohoto domu patří zajištění vytápění a chlazení pouze pasivním způsobem, vynikající tepelná ochrana obvodového pláště (U kolem $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) a vhodná okna, přerušení tepelných mostů, větrací zařízení s efektivním zpětným získáváním tepla s účinností alespoň 75%.

Další prvky, které se doporučují, jsou: Pasivní využívání solární energie stejně tak jako aktivní (zajištění tepla na vytápění a ohřev teplé vody), využívání obnovitelných zdrojů energie, předeřev venkovního vzduchu tepelným zemním výměníkem a využívání efektivních spotřebičů. (Nagy, 2009)

3.3 Energeticky nulový dům

Energeticky nulový dům (END) – Takováto stavba se vyznačuje spotřebou tepla blízkou nule (menší než $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$). Takový dům lze realizovat pouze za mimořádně vhodných podmínek a vysokých investičních nákladů, proto se tyto stavby objevují zatím pouze velmi zřídka. Elektrinu získávají z obnovitelných zdrojů pomocí fotovoltaických systémů, malou větrnou turbínou nebo kogenerační jednotkou. Od END se ještě odlišuje dům s „nulovou spotřebou na vytápění“. Využívá sluneční záření pomocí kolektorů, nebo fotovoltaických článků.

3.4 Energeticky nezávislý dům

Energeticky nezávislý dům – Pokrývá veškerou potřebnou energii ke svému provozu a provozu spotřebičů z přímého slunečního záření, proto je nutná přítomnost fotovoltaických systémů. Nemusí být napojen na energetickou rozvodnou síť (hodí se proto do oblastí kde je možnost napojení na síť značně problematická, neb nemožná). Užívají se pouze vysoce úsporné spotřebiče.

3.5 Plusenergetický dům

Plusenergetický dům (obr.3) – Vyznačuje se nadprodukcí energie, jinak je velice podobný energeticky nezávislému domu. (Nagy, 2009)



Obrázek 3 Plusenergetický dům ve Weizu. Dům se otáčí během dne za Sluncem pro maximalizování solárních zisků (Zdroj: Hbm Energie-Projekt-Beratung, 2010)

4. Hlavní zásady při navrhování staveb

4.1 Poloha

V budoucím místě plánovaného energeticky efektivního domu (EED) hraje roli teplota venkovního vzduchu, intenzita a převládající směr větru. Dále pak jsou v moderním architektonickém navrhování velice významné pro EED solární zisky energie. Proto je třeba znát podmínky zvolené lokality a přizpůsobit mu budoucí návrh a koncepci stavby (popřípadě renovace).

U nás jsou klimatické podmínky velice různorodé. Nejvíce slunečního záření se těší nížinné oblasti. Horské oblasti jsou charakteristické slabším osluněním kvůli horským štítům, inverzím a zvýšené srážkové činnosti.

Pokud chceme s co největší úspěšností využívat sluneční záření, musíme dbát na to, aby ho měl dům možnost během dne přijímat co nejvíce (uvědomme si ale, že cílem není získat co nejvíce sluneční energie, ale minimalizovat potřebu vytápět). Vybíráme tedy takový pozemek, který není ničím zastíněný, nebo zastínění nehrozí ani v budoucnu. Ohrožení zastíněním v budoucnu může způsobit například dosud ne plně vzrostlá vegetace, nebo budoucí plány na sousedních pozemcích, kdy hrozí výstavba nových budov v těsném sousedství pozemku a jejichž stín by nás připravil o cennou sluneční energii. Pokud ovšem v blízkosti rostou opadavé nebo listnaté stromy, můžeme zvážit, zda je jejich výskyt výhodný či nikoliv s ohledem na to, že v létě mohou sloužit jako celkem efektivní bezplatný stínící prvek a tedy pomáhat ochlazovat budovu a v zimě díky ztrátě listů nebrání tolik prostupu slunečního záření (průsvitnost 70-90 %). (Nagy, 2009)

Výměra pozemků v rozparcelovaných lokalitách by měla být větší než 700 – 1000 m², aby se zajistilo dokonalé oslunění i během zimních měsíců. Na menší pozemky není vždy možné umístit nízkoenergetický dům. (Šmelhaus et al., 2004)

Dalším problémem parcelace je, že se málokdy zohledňují vlastnosti terénu a prostorová orientace vůči světovým stranám. (Nagy, 2009) Pokud to podmínky umožňují je ideální orientace budovy za účelem co nejefektivnější úspory energie na jih. I u řadových zástaveb je mnohem výhodnější nasměrování dlouhých stran na jih a sever, nežli při orientaci západ a východ. (Feist, Klein, 1994) EPD jsou na orientaci velice citlivé, jelikož při otočení hlavní fasády o 90°, původně nasměrované k jihu, by mohlo dojít ke zvýšení potřeby tepla až o 145 % a u NED až o 105 %. (Nagy, 2009)

Pokud nás zajímá především úspora energie a snížení dopadů na životní prostředí, měli bychom také při volbě lokality promyslet užívání automobilů spojených s potřebou dojíždění

například do zaměstnání, školy, sportovišť, kulturních událostí atd., pokud tato místa nejsou s lokalitou propojená dostupnou veřejnou dopravou. Mohlo by se stát, že spotřeba energie a emise plynů přesáhne hodnoty spojené s provozem domu. (Tywoniak, 2005)

Investiční náklady rovněž ovlivní možnost napojení na existující rozvodné sítě elektřiny, pitné vody, plynu, atd.

4.2 Prostorové a tvarové faktory energeticky efektivních staveb

Při návrhu EED je třeba se zamyslet jakému účelu a pro kolik obyvatel (uživatelů) má dům sloužit. Dnes jsou nejčastěji stavebníky EED manželé kolem věku 30 let s malými dětmi, nebo rodinu teprve plánují. V tomto případě je optimální aby EED měl tři ložnice, kuchyni, obývací pokoj, popř. jídelnu, dvě koupelny, pokoj pro ubytování hostů (především pokud se počítá s pomocí výchovy dětí od prarodičů a dům je situován mimo město), pracovnu atd.

Velice důležitá je technická místnost, v níž je umístěn primární zdroj tepla, zásobník TUV, řídicí jednotka solárního systému, vzduchotechnika a další zařízení. Na prostor technické místnosti bychom měli vyhradit alespoň 8 m² a neměl by být zcela odizolován od vytápěných částí domu z důvodu zisku přebytečného tepla unikajících z přístrojů.

Celková užitná plocha bývá 140 – 180 m². Do této plochy nejsou započteny nevytápěné prostory, kterými jsou například sklad a garáž.

Z hlediska výhodnosti úspor je lepší dům projektovat jako nepodsklepený (pokud to umožňují podmínky oblasti, kam chceme dům umístit), patrový nežli přízemní a zároveň bývá výhodnější kompaktní tvar budovy blízký se například krychli. Co se týká úhlů v rozích obvodového pláště, jsou výhodnější úhly tupé. Tyto vlastnosti mají příznivější efekt na poměr A/V, jehož hodnota u rodinného domu by neměla překročit 0,7. Odůvodnění, proč je lepší vynechat podsklepení domu, spočívá ve snaze zmenšit styčnou plochu obvodového pláště se zeminou, a tím i snížit náklady na výstavbu a omezit další únik tepla do půdy u vytápěného suterénu. Pokud ovšem zadavatel na sklepu trvá, doporučuje se ho zřídit se vstupem odděleným od vytápěných prostor domu. (Tywoniak, 2005)

U půdorysu se doporučuje využít tzv. zónovaný půdorys, ve kterém jsou na jižní straně umístěny místnosti nejteplejší s co nejlepším osluněním. Mezi tyto patří místnosti obytné a koupelna, která „musí být (a nejen z hlediska normovaných požadavků) nejteplejší místností v domě“. Neměla by tedy být v severní zóně, kam patří místnosti, u kterých není tak vysoká potřeba je vytápět (skladové prostory, šatna). Mezi těmito dvěma zónami je vhodné umístit

komunikace (schody, chodba) a měly by být dostatečně tepelně oddělené. V případě že toto ideální zónování není možné (ať už z hlediska dispozic pozemku či osobním důvodům, kdy je často považována otevřenější kompozice vnitřních prostor), není toto problémem, pokud jsou dosaženy kvalitní tepelně-izolační parametry. Pozornost by měla být věnována i pozici kuchyně, aby z ní byla možnost pohodlně pozorovat co největší část pozemku a vstupní branku kvůli zabezpečení např. dozoru nad hrajícími si dětmi. (Šmelhaus et al., 2004)

U administrativních budov je vhodné užít odlišný přístup, kdy prosluněné prostory fungují jako hlavní chodba, či hala a do kancelářských místností vedou jen taková okna, aby bylo zajištěno dostatečné osvětlení. (Tywoniak, 2005)

Architektonický styl EED může být velice rozmanitý, doplněn i různými ozdobnými nebo účelovými prvky, zpestřujícím celkový vzhled stavby.

5. Realizace stavby

Při stavbě EED jde samozřejmě o snahu dosáhnout co nejúčinnější tepelné izolaci a tím zabránit nechtěného průchodu tepla obvodovým pláštěm. Dále pak zajištěním vzduchotěsnosti a vyloučení nebo dostatečné omezení kondenzace vodních par v konstrukcích a zajištěním dostatečné teploty vnitřních povrchů i při velmi nízkých teplotách venkovního okolí. Ze zahraničních analýz NED vyplývá, že tepelné ztráty jsou rozděleny zhruba v těchto poměrech: 25 % okny, 15 % obvodovými stěnami, 15 % střechou, 5 % podlahou a 40 % větráním. Tyto ztráty je nutné pokrýt přibližně takto: 40 % vytápění, 35 % vnější tepelné zisky ze slunečního záření a 25 % vnitřní tepelné zisky, které vznikají pobytem osob a provozem různých zařízení. Při současných konstrukčních možnostech navýšení nákladů oproti u nás stále zatím obvyklé stavbě činí cca 3 – 10 %. (Šmelhaus et al., 2004)

Konstrukce je povětšinou věc individuálních preferencí, zkušeností apod. Možnost variant je shodná jako při zatím převažující výstavbě s rozdílem, že jednovrstvé tradiční zdivo je pro EED neefektivní.

Mezi EED jsou o něco více prosazeny dřevěné konstrukce než v běžné výstavbě. Do dřevěných obvodových sestav bývá snazší umístění dostatečné množství tepelných izolací tak, aby nepříjemně narůstala jejich tloušťka. Navíc dřevěné materiály patří mezi ty, které jsou bližší životnímu prostředí. (Tywoniak, 2005)

Dalšími výhodami dřevěných konstrukcí jsou rychlá výstavba, také díky prefabrikaci, minimalizace staveniště a suchá technologie provádění. Nevýhodami jsou nároky na kvalitu dřeva a kvalitní provedení detailů.

Použité materiály musí odpovídat pochopitelně závazným požadavkům stavebního zákona, vyhlášek, požárním předpisům a dalším. Rozhodující není cena za jednotku použitého materiálu, ale musíme konstrukci posuzovat jako celek a je třeba vše řádně promyslet. (Tywoniak, 2005)

5.1 Základy a podlaha

Vlastní základy jsou obdobné jako u obyčejného domu. Provedení může být různé a lišit se podle podmínek a koncepcí domu. Součástí základů a podlahy je i hydroizolace a izolace proti radonu. Hydroizolace musí být dostatečně chráněna proti poškození. (Nagy, 2009)

Tepelná izolace musí být napojena na zateplení stěn a je třeba tento detail neopomenout, jak tomu často bývá i u běžných staveb. U lehkých konstrukcí je izolant napojen přímo na izolant v podlaze, u těžkých je nutná eliminace tepelného mostu pod zdivem. Tloušťka tepelně izolační vrstvy činí až 30 cm. Jako izolant se používá nejčastěji extrudovaný polystyren, odolávající vlhkosti, možné jsou i minerální vlákna. Dřevostavby mají pod podlahou průlezný prostor s možností vedení přípojek a jiných rozvodů. U nás je nutné vedení vody a kanalizace ochránit proti zamrznutí.

U domů, které mají automaticky řízené větrání a rekuperaci tepla je součástí založení zemní kolektor. Nejčastější provedení je z plastového kanalizačního potrubí, umístěného asi 2 m pod zemí. (Šmelhaus et al., 2004, Hudec, 2008)

5.2 Stěny

Za minimum tepelného odporu obvodových stěn se považuje hodnota $4,5 - 5 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$. (Šmelhaus et al., 2004) Možnosti pro stavbu stěn EED jsou rozmanité. Můžeme je rozdělit na masivní stěnové konstrukce, kombinované a lehké.

Na masivní stěnové konstrukce lze s úspěchem použít i tradiční staviva, např. pálené děrované cihly, pórobetonové tvárnice, keramzitbetonové nebo vápenopískové tvarovky, dřevoštěpové bloky nebo i z velkoplošných prvků a další.

Pro masivní stěny se vyskytují další dvě alternativy a to jednovrstvá a vícevrstvá. Při stavbě jednovrstvých masivních stěn se mohou ku příkladu užívat pórovité cihlářské výrobky, lehčené

pro další zlepšení součinitele tepelné vodivosti λ (na hodnotu 0,14 W/(m.K)). Odlehčené cihelné bloky jsou speciálně uzpůsobené ve snaze maximálně omezit tepelný tok. Dutiny se u některých typů mohou vyplňovat izolačními (např. pěnovými) látkami. Díky tomu hodnota λ klesá v celém profilu cihly na 0,08 W/(m.K). Při použití tepelněizolační malty a omítky (6 cm) je hodnota U na úrovni kolem 0,10 W/(m².K), což je požadavek pro EPD. Podobně se dají upravovat i vlastnosti např. některých keramzitbetonových desek. Dalším velice výhodným materiálem jsou pórobetonové bloky, které vylepšené mohou splňovat i parametry pro NED a jejich použití se ideálně hodí i k řešení tepelných mostů mezi vazbami masivních konstrukcí s vysokou tepelnou vodivostí. Při zateplení pórobetonových stěn lze dosáhnout parametrů pro EPD.

Vícevrstvý obvodový plášť umožňuje lépe separovat statickou funkci od tepelně izolační, jelikož nosné zdivo může mít menší tloušťku a zároveň ho není nutné odlehčit. Přijatelná celková tloušťka obvodové stěny je maximálně 55 cm. Trend zvětšování tloušťky tepelné izolace a zeslabování tloušťky nosné složky zapříčinil vývoj zdících systémů na 15 až 25 cm. Dutinové tvarovky z hutného nebo odlehčeného betonu doplněné výztuží a zalévané betonem jsou zvlášť účelné při zvýšení nároků na statiku a akustiku. Při vnějším zateplení se obvykle užívá kontaktní forma zateplovacího systému (např. korek) a tenkovrstvou omítkou nebo dvouplášťové sestavy se vzduchovou dutinou a vnějším obkladem. Tím může být roštový systém s tepelnou izolací z minerální vlny, lnu, konopí, celulózy, atd.).

Pokud bychom preferovali rychlou montáž, můžeme sáhnout po litých monolitických železobetonových stěnách. Na výběr máme i ze systémů ztraceného bednění, monolitických železobetonových stěn, bednicích štěpkocementových desek, nebo systémů využívajících velkoformátových prvků, jejichž výstavba je rychlejší nežli z maloformátových kusových staviv.

Lehké stěnové konstrukce jsou typické u dřevostaveb, kdy se používá například tzv. rámová dřevostavba z fošen vycházející ze systému vyvinutého v USA (systém two-by-four – název odvozen od rozměru fošen v palcích), nebo panelová dřevostavba. Dřevo jako samotné nelze považovat za tepelněizolační materiál, proto se nesmí zanedbat dostatečná izolace. Jako izolační výplň se užívají třeba minerální vlákna, nebo lněné tepelněizolační rohože. V poslední době se často parozábrana nahrazuje OSB deskami přelepenými styky. Ty jsou tvořeny velkoplošnými orientovanými lisovanými třískami spojené umělými pryskyřicemi.

Kombinovaných systémů se využívá především při stavbě vícepodlažních budov. (Nagy, 2009)

5.3 Střecha

Střecha je z hlediska klimatu nejvíce namáhaná část domu a je to složitý konstrukční prvek, ale přesto musí také splňovat hodnoty důležité pro EED a měla by být prvkem obvodového pláště s nejlepším tepelným odporem ($R = 6,5$ až $10 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$).

Může být velice různě architektonicky zpracována, ale některé tvary jsou výhodnější. Ty vycházejí z minimálního povrchu ochlazované plochy. Proto bývají zpravidla lepší střechy pultové a ploché. Střešní okna bývají problematictější než ta ve stěnách. (Hudec, 2008)

U plochých či pultových střech můžeme vybírat z různých způsobů konstrukce, jako jsou prefabrikované díly, nebo systém kombinovaný z dřevěných nosníků, OSB desek se zavěšeným podhledem. Dutiny střechy je možné vyplnit termoizolací a tím se vytvoří kompaktní konstrukce s nejméně tepelnými mosty. (Šmelhaus et al., 2004) Skladba může vypadat následovně (zdola nahoru): vnitřní obklad nebo omítka stropu, strop, parozábrana, termoizolace, mikroventilační hydroizolační vrstva, hydroizolace, střešní krytina.

Plochá střecha se dá projektovat i jako zatravněná, pak se konstrukce střechy speciálně upravuje s následující skladbou: konstrukce střechy, hydroizolace, tepelná izolace, izolace proti mechanickému poškození, vrstvu pro vegetaci (drenáž, filtrující vrstvu, speciální substráty). Skladba je navržena podle střešní konstrukce a její nosnosti. (Garten.cz, 2008)

Při správné realizaci je takováto střecha bezúdržbová, neseká se, nepleje, nezalévá. (Šmelhaus et al., 2004) Mezi některé z výhod zatravněné střechy patří ochrana hydroizolace před UV zářením, omezuje prašnost a hlučnost, nesálá, působí jako ekologická vyrovnávací plocha, odpařuje vlhkost zpět do ovzduší. (ekodrevostavby.cz, 2010)

Záleží rovněž na tom, zda podkroví bude využíváno jako obytný prostor, nebo odkládací prostor s menší potřebou vytápění. V druhém případě je výhodné zateplit raději strop. (Pregizer, 2009)

Sedlové střechy bývají často předepisovány úřady, podobně jako střešní okna nebo vikýře, pokud jde o památkovou oblast. Střechy se provádí z hranolů nebo fošen. Na krokve jsou kolmo připevněny kontralatě pro zvětšení tloušťky izolace a potlačení tepelných mostů krokví. Pro EPD je nutná tloušťka izolace 40 cm a parozábrana současně zajišťující neprůvzdušnost. (Hudec, 2008)

5.4 Okna a dveře

Okna jsou jedním z nejdůležitějších prvků u EED. Jsou markantním zdrojem pro pasivní solární zisky a zároveň při dnešních výrobních postupech jsou už dostatečně kvalitní po izolující stránce a to i v zimě. V letním období mohou naopak nepříznivě přispívat k nežádoucímu nárůstu teploty v interiéru, proto se využívají různé stínící prvky. Největší plochu by měly zaujímat na jižní straně domu, jejich celková plocha by ovšem neměla přesáhnout více jak 40 % plochy, protože další zvětšování plochy nevede k dalším znatelným úsporám a během letního období hrozí nebezpečí přehřívání interiérů, přičemž v zimním období uniká více tepla. Ostatní okna střední velikosti jsou umístěna na východní a západní straně i kvůli zajištění dostatečného osvětlení interiéru a u severní strany by ideálně okna být neměla, a pokud jsou, měla by být co nejmenší a co nejlépe izolovat. Na tom také záleží rozmístění místností a jejich významu. Okna u EPD by měli mít koeficient prostupu tepla U minimálně $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. (Hudec, 2008) U NED by neměla přesáhnout $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (Šmelhaus et al., 2004).

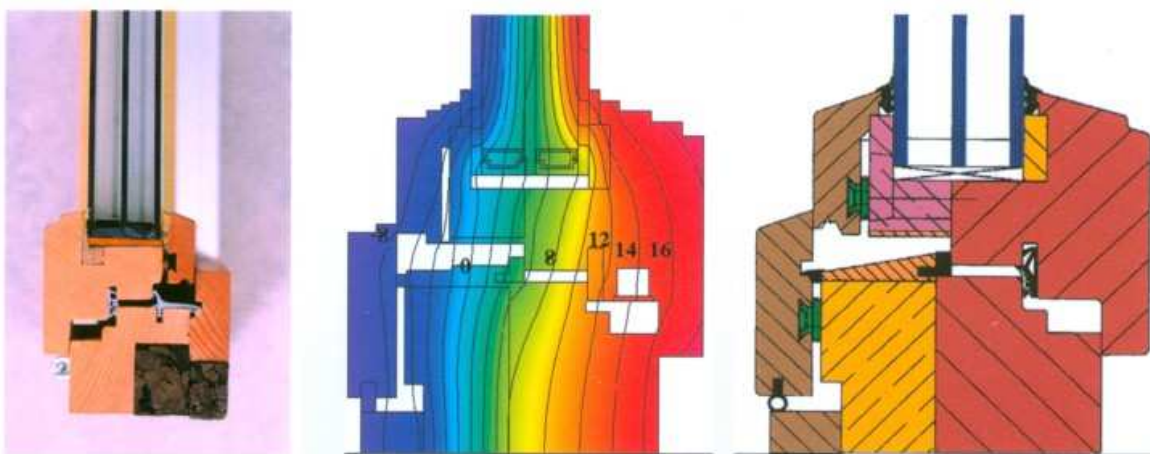
Pro EPD se používají speciální tepelněizolační trojskla ze tří skleněných tabulí, ze kterých dvě jsou potaženy tenkým kovovým povlakem vyznačujícím se schopností odrážet dlouhovlnné tepelné záření, ale zároveň umožňuje průnik slunečního záření. Mezery jsou vyplněny vzácnými plyny, které mají lepší izolující vlastnosti než obyčejný vzduch (argon, výrazně dražší krypton a xenon, nebo hexafluorid síry, který se používá jedině pro zlepšení akustických vlastností). (Nagy, 2009) Možné pro EED je i použití tepelněizolačních dvojskel, které jsou obdobně upraveny a mají taktéž pokovení, vyplnění dutin inertními plyny, a jsou spojeny vzduchotěsně distančním rámečkem. (Tywoniak, 2005) Zajímavým typem dvojskel jsou systémy, které mají dutinu mezi skly rozdělenou speciální průhlednou fólií (např. Heat Mirror vyvinutou pro USA kosmický program v 70. letech, okno při užití této technologie dosahuje U o hodnotě $0,52 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). (Bejček, Fiala, 2003)

Při vkládání oken do izolujících stěn je krucální, aby napojení na systém izolace dokonale navazovalo a eliminovalo vznik tepelných mostů. Kvůli tomu má být rám okna z vnější strany překryt tepelněizolační vrstvou. Také při projektování domu je dobré se zamyslet, jestli budeme potřebovat otevírat všechna okna, nebo můžeme některá ukotvit napevno, což pomáhá zrušení tepelných mostů.

Pro rámy oken se používají tři základní materiály a to plasty, dřevo a hliník. Jako izolanty se používají polyuretan, extrudovaný polystyren, korek, nebo celulózová vlákna a další.

Plastová okna mají celkem dobré vlastnosti jako je spolehlivost, ekonomičnost, odolnost proti povětrnostním podmínkám a dlouhou životnost. Nevýhodou je jejich vzhled, kdy mohou narušovat ráz budovy.

Dřevěné rámy jsou vyráběny lepením z hranolů a patří dnes k nejoblíbenějším. (obr. 4) Dnes jsou vylepšovány několikavrstvým UV odolným nátěrem a osazením plechovými okapnicemi na nejvíce namáhané hrany.



Obrázek 4 Obrázek zobrazuje řez trojitým dřevěným oknem. Uprostřed jsou znázorněny změny teplot materiálů. (Zdroj: Pasivni-stavby.com, 2010)

Předností hliníkových oken je vysoká odolnost a trvanlivost a můžeme se s nimi setkat spíše u architektonicky odvážnějších staveb. Pevnost jejich rámu umožňuje realizaci velkých oken, zimních zahrad a dalších větších prosklených ploch. Jejich výroba je však vysoce energeticky náročná. Pokud porovnáme například potřebnou energii pro výrobu 1 tuny dřeva, která činí 50 kWh a energii pro výrobu 1 t hliníku, což činí asi 70 000 kWh (Šmelhaus, 2004), můžeme si snadno spočítat, že hliník je 1400 krát náročnější na energii než dřevo. Z toho vyplývá, že jestli chceme zmenšit dopady na životní prostředí, měli bychom raději volit méně energeticky náročné materiály.

Vstupní dveře se musí vyznačovat stejně dobrými hodnotami U jako okna, avšak v oblasti prahu nelze dveře řádně zateplit. Vlivem netěsností se také často vyskytuje průvan, především pokud nemáme zádveří. Dnes už je možné na trhu pořídit zavírací mechanismy. (Nagy, 2009)

Zajímavé z principiálního hlediska je tzv. Kolínské solární diodové okno, které se otáčí tak, aby pokovená vrstva v zimě odrážela teplo zpátky do interiéru, přičemž v létě nedovolí průnik tepla a tím napomáhá regulovat teplotu v domě. Nevýhodou je vyšší cena a někdy problematické načasování pro otočení okna. (Šmelhaus et al., 2004)

5.5 Vzduchotěsnost

Netěsnosti obvodového pláště způsobují tepelné úniky, průnik vlhkosti s rizikem kondenzátu, lokální ochlazování materiálu, degradace tepelněizolačních vlastností a snižování účinnosti větracích instalací. Správná realizace EED tedy musí mít vĕtrotěsnou a vnitřní vzduchotěsnou rovinu. Vnitřní rovina musí dostatečně plnit funkci parozábrany, vĕtrotěsná se nachází na vnější straně pláště a musí plnit dostatečně funkci povĕtrnostní ochrany.

Zvláštní pozornost by měla být věnována problematickým místům, jako jsou napojení obvodových stěn na podlahu se základy na terénu (popř. stěny podsklepení) a střešní roviny, napojení vnitřních stěn se stropem a podlahou nebo stropem suterénu, osazení oken do stěn a v okenních rámech, místa vystupujících konstrukčních prvků, napojení vĕtrotěsné roviny na obvodový plášť a prostupy rozvodů pláštěm.

Je tedy nutné vybírat dobré materiály, nepřerušit vzduchotěsnicí vrstvy, minimalizovat problematická místa a maximálně zjednodušit konstrukční napojení pro bezproblémové vyhotovení na stavbě.

U masivních staveb nebývá většinou problém. Vzduchotěsnicí vrstvu může plnit i omítka bez prasklin. Horší je to u lehkých konstrukcí kvůli nehomogenním materiálům a ještě více problematická je kombinovaná sestava hlavně u napojení masivních a lehkých částí. K utěsnění se používají speciální tmely a pásy. Je třeba dbát na správnost použití a dodržení zásad montáže.

Hodnota pro stavby s řízeným větráním a rekuperací u NED nesmí přesáhnout $n_{50} 1,0 \text{ h}^{-1}$ a u EPD je doporučená hodnota n_{50} rovna nebo menší $0,6 \text{ h}^{-1}$.

Zkoušky vzduchotěsnosti se provádějí tzv. Blower door testem. (obr. 5) Užívá se k němu velkopřůměrový ventilátor s proměnnými otáčkami, senzory na měření tlakového rozdílu a průtoku vzduchu. V okamžiku konstantního tlakového rozdílu se změří objemový průtok vzduchu pronikajícího přes ventilátor. Během stavby se může provádět opakovaně, aby se včas lokalizovala problematická místa a došlo k jejich nápravě, a provádí se i po dokončení stavby. Pro lokalizaci míst s větším rizikem netěsností se používá ruční anemometr. (Nagy, 2009)

Je možné použít i termovizi, pokud jsou uvnitř budovy a vně rozdílné teploty, nebo metodu sledování průniku dýmu vytvářeného speciálním přístrojem pomocí inertních plynů. Zdroj uvádí, že tato metoda v praxi není příliš oblíbená. (Paleček, 2007)



Obrázek 5 Obrázek zachycuje testování vzduchotěsnosti domu pomocí technologie Blower Door (Zdroj: Casopisstavebnictví.cz, 2007)

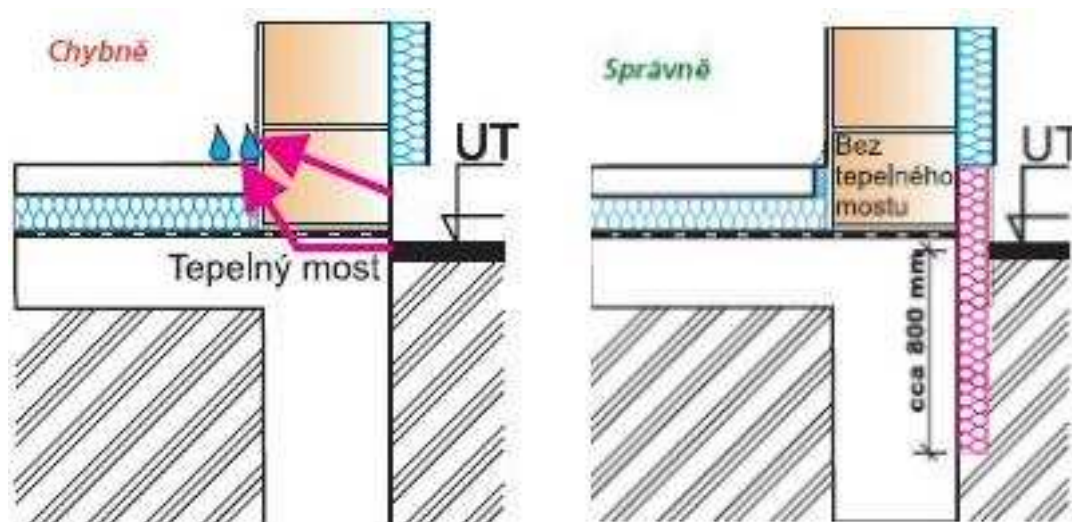
5.6 Přerušení tepelných mostů

Tepelné mosty vznikají všude tam, kde dochází k napojení stěn, základu, podlahy, střešní roviny, oken ve stěnách, u styku materiálů s odlišnou tepelnou prostupností a u vyčnívajících prvků i prostupů rozvodů a potrubí skrz obvodový plášť. Tepelné mosty s sebou nenesou jen nebezpečí tepelných ztrát, ale i nebezpečí kondenzace vodní páry. (Nagy, 2009)

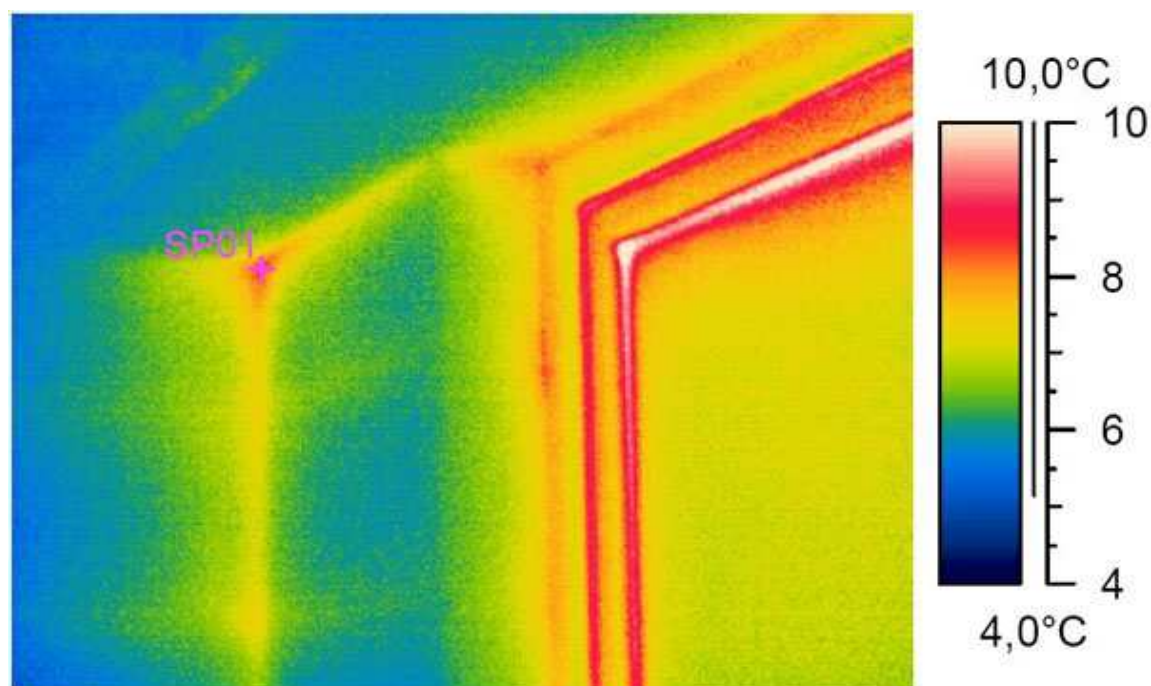
Způsoby jak zrušit tepelné mosty spočívají v kvalitní tepelné a nepřerušované izolace nebo pozměnění konstrukčních detailů v místě potřeby. (Pregizer, 2009)

Na obrázku 6 si můžeme prohlédnout situaci při řešení tepelného mostu, kdy ve správném případě vpravo je izolace správně protažena až pod úroveň terénu podél základů. Konstrukce je tak dobře chráněna a tepelný most přerušen.

Jak ukazuje obrázek 7, tepelné mosty se dají zjišťovat pomocí termovize.



Obrázek 6 Znázornění řešení při eliminaci tepelného mostu u paty zdi (Zdroj: www.allegro-praha.cz)



Obrázek 7 Užití termovize při zjišťování tepelných mostů u lodžiové desky (Zdroj: Casopisstavebnictvi.cz, 2009)

6. Zajištění tepla

Důležité pro EED je schopnost správně regulovat celou soustavu vytápěcích zařízení během různých podmínek, proto bychom měli vždy spolupracovat se specialisty. Při správném provedení EED a tudíž nízké očekávané spotřebě energie pro vytápění a ostatní provozní

potřeby, je teoreticky možné zvolit téměř libovolný druh paliva. Pokud ale chceme zohlednit životní prostředí, pak jsou pro nás zajímavé ekologicky šetrné energetické zdroje. Proto bychom měli upřednostňovat alternativní zdroje energie, jak z hlediska produkce CO₂, tak z ohledu na nutnou energii potřebnou k transportu paliva a jeho většinou problematické získávání. EPD si navíc po většinu roku vystačí se solárními zisky, provozem běžných spotřebičů a pobytem osob. Nemusíme ovšem jako možný zdroj zavrhnout elektřinu s přihlédnutím na plánovaný vývoj v energetice. Nejvíce je ale potřeba řídit se místními podmínkami a to i se záměry energetických koncepcí do budoucna.

To platí, i pokud hodnotíme možnost spalování biomasy, kterou mohou být např. peletky vyráběné z lisovaných pilin. Speciálně pro tento typ paliva už jsou na trhu k dostání různé typy kamen a kotlů. Peletky jako palivo se hodí třeba i do krbových nebo kachlových kamen u kterých lze dobře využít jejich akumulaci schopnosti. (Šmelhaus et al., 2004)

V následující části uvádím některá zařízení častěji používaná pro vytápění v EED.

6.1 Řízené větrání s rekuperací

Řízené větrání s rekuperací je nutné pro správné fungování EPD, který se bez něho neobejde. Celý systém se stará o celkovou výměnu vzduchu v domě a zároveň je schopný získat zpět 80 – 95 % tepla z odpadního vzduchu, v zimě může fungovat jako klimatizace. Množství přívodu čerstvého vzduchu obvykle činí kolem 25 m³/h. Po dobu nepřítomnosti je možno intenzitu snížit. Vzduch je filtrován z důvodu odstranění prachu, nežádoucích organismů a pachů, zajišťuje tedy zdravý interiér (filtry musí být zařízeny tak, aby byla snadná jejich výměna). Čerstvý vzduch se dá dohřát pomocí dohříváče, který může mít teplovodní princip (jednotka využívá akumulaci nádrží), nebo může být elektrický. Zařízení tedy slouží i jako teplovzdušné vytápění.

Rozvody mohou být provedeny různě v závislosti na celkové konstrukci EED. Mohou být vedeny podlahou a stropem, přičemž ve všech případech musí být řádně tepelně zabezpečené. Přívod teplého čerstvého vzduchu prochází teplými místnostmi. Tam je také vzduch přiváděn. Odvod vzduchu z interiérů se provádí v místnostech, kde se počítá s největší produkcí škodlivin (WC, koupelna, kuchyně, šatna). Dveře místnosti jsou bez prahu a mezera musí být široká nejméně 8 mm. Celé zařízení musí být správně akusticky ošetřeno, včetně rozvodů.

Digestoře se doporučují nezapojit do systému řízeného větrání, kvůli tukovým výparům a nečistotám. Doporučuje se nainstalovat cirkulační, nebo odváděcí digestoř.

Velice zajímavá je možnost předeřhřívání vzduch přiváděný k řízenému větrání ještě zemním výměníkem, což je zařízení využívající tepla země, jejíž teplota se v hloubce 1,5 – 2 m celoročně

pohybuje kolem 8 – 14 °C. Provedení bývá z potrubí o průměru 20 cm o délce 20 – 30 m. Musí ho být možné dobře čistit, proto nesmí mít lomy ve větším úhlu jak 30° a obvykle je doplněno šachtou u vstupu pro snadnější čištění, která je opatřena víkem a filtry. Pro zakrytí systému jsou vhodné jílovité zeminy, jelikož dobře vedou teplo.

Existuje i druh větrání, kdy jsou větrací jednotky samostatné pro určitou místnost. Výhodou je snadná regulovatelnost, nejsou potřeba rozvody a příznivější cena. Nevýhodou jsou častější prostupy napomáhající vzniku tepelných mostů, menší účinek a částečně větší hlukové znečištění v závislosti na poloze jednotky v interiéru. Zároveň je nutné přidat dotápění, např. přímotopem. (Hudec, 2008)

6.2 Podlahové a stěnové vytápění

Pro EED je vhodná varianta umístit vytápění do podlahy (obr. 8) nebo stěn. Teplota vytápěné podlahy nesmí přesáhnout 27 °C. Vrchní vrstva by měla být tvořena keramickou dlažbou, která dobře propouští teplo a přitom je dobrým akumulacním materiálem. Nedostatek tepla by mohl nastat u koupelen, pokud disponují menší plochou podlahy, protože teplota v koupelně by měla dosahovat 24 °C.

Stejně je možné umístit vytápění do plochy obvodových stěn. Takto umístěné vytápění eliminuje studené sálání, které by mohly pociťovat některé velmi citlivé osoby a obdobně jako u podlahy se dá využít akumulacní efekt. Pomocí těchto efektů lze o něco snížit vytápěcí teploty a můžeme uspořit až 15 % tepla. (Šmelhaus et al., 2004)



Obrázek 8 Uložení podlahového vytápění v podlaze rodinného domu před zakrytím. (Zdroj: Grünwald, 2001)

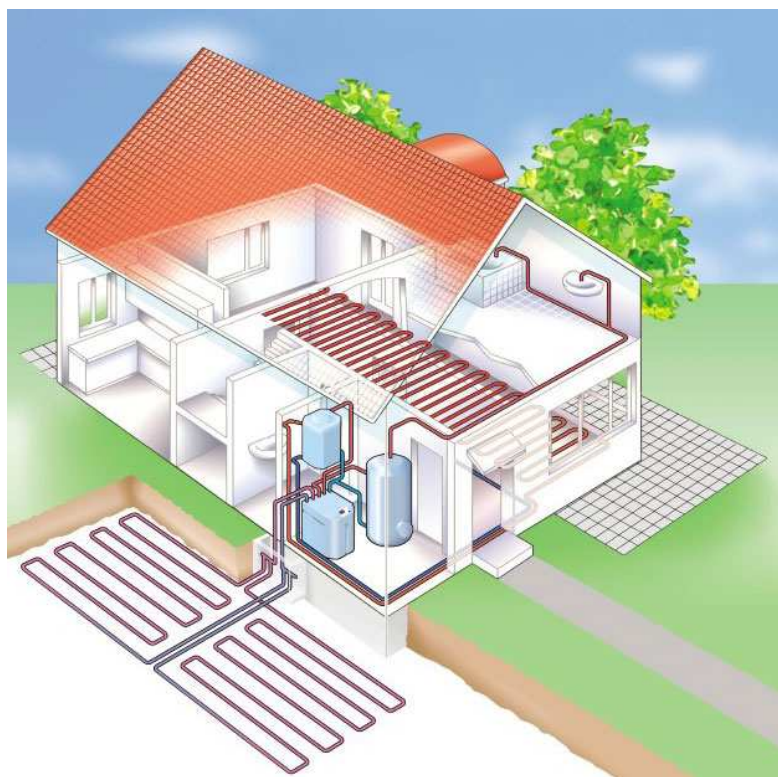
6.3 Tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla (TČ) pracují na stejném principu jako chladnička. Odebírají teplo z vody, vzduchu, půdy (obr. 9), nebo hlubinných vrtů a dodávají ho do interiéru přes výměník tepla.

Může nejen zajistit vytápění, ale současně může sloužit k přípravě TUV a jako klimatizace během letního období. Účinnost TČ určuje topný faktor, určený poměrem topného výkonu (získané teplo) a příkonu.

Hodnota topného faktoru (topný faktor udává poměr vyprodukovaného tepla a spotřebované energie) by měla být větší jak 4. (Nagy, 2009) K TČ je možné si pořídit i přídatnou jednotku (pokud již není v ceně), díky které může TČ v letních měsících fungovat také jako klimatizace.

Mezi nevýhody TČ patří o něco vyšší prvotní náklady než u klasického vytápění, možná složitější legislativa a náročnost na vysokou kvalitu prací. Výhodami jsou však až 80 % úspor na energii a tím i rychlá návratnost, ekologické vytápění a relativní nezávislost na cenách energie.

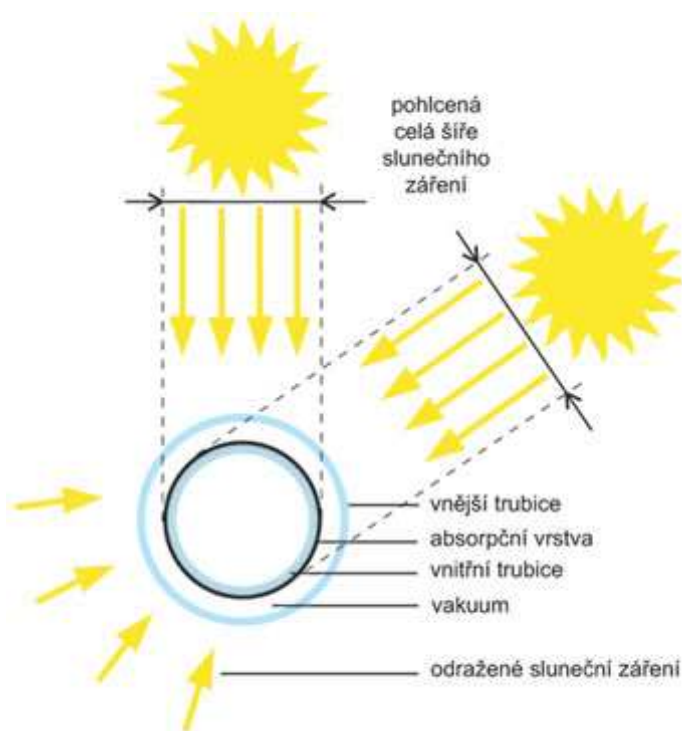


Obrázek 9. Na obrázku vidíme schéma tepelného čerpadla typu Země/voda, užívaného k vytápění a zároveň k ohřevu TUV. (Zdroj: Mvb.cz, 2000)

Při pořizování TČ musíme dbát na dobrou informovanost o skutečné kvalitě objednávaného TČ. Někteří obchodníci se snaží zneužít zvyšující se poptávku po těchto systémech. Mezi faktory, které bychom měli pozorněji sledovat, patří životnost TČ (u zemních TČ bývá dle švédských zkušeností 20 let, u vzduchových 15 let – vyšší uváděné hodnoty bývají podezřelé), uváděný výkon ve vztahu s teplotou (zajímá nás výkon především během topné sezóny, tomu by měla odpovídat uváděná teplota), zda není použita nevhodná izolace špatně zamezující prostupu vlhkosti zapříčiňující riziko zamrzání, délka a obsah záruky a zdali je cena TČ udávána pro kompletní zařízení (můžeme si být jistější uváděnými vlastnostmi) včetně poskytnutí služeb. Zkušenost z praxe při instalaci nového TČ jsou uvedeny v příloze.

6.4 Solární systémy

Solární fototermické (používá se také termín termosolární) systémy mohou být zabudovány do konstrukce i předsazeny. Ve většině případu se instalují do rovin šikmých střech, na plochých střechách jsou umísťovány na podpůrné konstrukce. Na trhu jsou již k dispozici celé stavebnicové střešní systémy s vestavěnými kolektory (nebo fotovoltaické panely) s funkcemi užitkovými, ochrannými i estetickými. Instalace je rychlá a šetří náklady na běžnou krytinu. Vakuové trubicové kolektory je možno umístit i na fasádu domu. Zadní strany sběrných ploch splývající s termoizolací snižují tepelné ztráty a tím se zvýší jejich efektivita. Trubicové vakuové kolektory využívají přímé i difúzní sluneční záření a tím získávají v zimě asi 4 krát více tepla než běžné kolektory (Obr. 10), ale jsou nákladnější. (Pregizer, 2009, Nagy, 2009)



Obrázek 10 Znáznornění příjmu slunečních paprsků u trubice vakuového kolektoru (Zdroj: Lesakzdenek.cz, 2009)

Kolísání klimatických podmínek ovlivňujících záření ze Slunce během roku zapříčiňuje potřebu doplnění systému jiným teplem a akumulátoru o dostatečné velikosti. (Nagy, 2009) Dobrý sklon kolektoru bývá 25° až 45° . A vhodná orientace je mezi jihovýchodem a jihozápadem, pokud se v první polovině dne nevyskytují mlhy, jinak bývá lepší orientace na jih až jihozápad. Plocha sběrné plochy na jednoho obyvatele činí zhruba $1,5 \text{ m}^2$. Ohřátá voda se dá použít i na přitápění.

Pomocí solárního zařízení můžeme ušetřit až 70 % na ohřev vody za rok. Celkově vzato úspora není sama o sobě až tak vysoká. Předně bychom tedy měli zaručit dobré tepelněizolační vlastnosti k dosažení požadavků EED, pak jsou tyto solární zisky velmi žádoucí. (Pregizer, 2009)

Jedním z nejnovějších typů je solární kolektor vybavený lineárními fresnelovými čočkami. Vyrábí se pod názvem Solarglas. Při zabudování do střechy hranoly čoček soustřeďují paprsky do ohniska s absorpční lamelou s topným médiem. Pohyblivé lamely se pohybují na konstrukci, aby byl zajištěn optimální zisk slunečního záření. Při posunu mimo ohnisko mohou paprsky prohřívat interiér. (Šmelhaus et al., 2004)

Fotovoltaické systémy mohou být užívány jako zdroj energie pro chod ostatních zařízení EED. Své hlavní opodstatnění mají na domech, kde je jinak špatně možný jiný přístup k energii. Avšak využitelnost fotovoltaiky se blíží stadiu, kdy už může být plusové. (Nagy, 2009) Účinnost běžně dostupných fotovoltaických článků je zhruba 15 %, přičemž rozmezí se udává 1 – 42 % a životnost uváděná výrobcí je 2 – 3 desítky let. Nejvýhodnější články se zatím jeví křemíkové s přijatelnou výkonností za svou cenu. Mohou být nainstalovány různě, podobně jako kolektory, nebo mohou být umístěny na stěny domů a na zábranách balkónů. Při instalaci na stěnu domu se zvyšuje riziko vzniku tepelných mostů, kvůli ukotvení článků. Také se vyskytují jako fotovoltaické markýzy a v létě jako stínící prvek napomáhají udržet příjemnou teplotu interiéru. Články mohou být rovněž vybaveny mechanismem, který automaticky sleduje pohyb Slunce pro maximalizaci solárních zisků. Vyskytují se i fotovoltaické články, jejichž činnost je upravena koncentrátory, například v podobě zrcadel, nebo žlabů. (obr.č.11 a 12) Vhodnou lokalitou pro zisky sluneční energie je jižní Morava, naopak nejvíce problematické jsou příhraniční horstva na severu Čech a oblast východního cípu Moravy. (Kohoutková, 2010)



Obrázek 11 Fotovoltaické články s hřebenovým koncentrátorem (Zdroj: Kohoutková, 2010)



Obrázek 12 Ukázka žlabového koncentrátoru (Zdroj: Kohoutková, 2010)

6.5 Kondenzační plynový kotel

Kondenzační plynové kotle mohou být další alternativou jak vytápět EED. Jsou úspornější než klasické kotle a to díky využití latentního (kondenzačního) tepla. Kotel pracuje tak, že navíc kromě primárně předávaného tepla ze spalín dochází k jejich dalšímu ochlazování až pod hodnotu rosného bodu. Voda obsažená ve spalínách kondenzuje a tím uvolňuje další teplo do topného systému.

Kondenzační kotle mají asi o 16 % vyšší účinnost než běžné plynové kotle, mají delší životnost a odkouření kotle je levnější. Jejich široká lineární modulovatelnost umožňující rovnoměrně vytápět stavení v rozsahu 20 - 100 % přináší ekonomičtější vytápění, což v důsledku zachová 25 – 40 % plynu oproti ostatním klasickým kotlům. Nevýhodou je vyšší cena, ale uváděná návratnost je během 2 – 4 let v závislosti na využívaném plynu. (www.itest.cz, 2008)

6.7 Kogenerační jednotka

Vhodné pro využití v EED mohou být také kogenerační jednotky, které kromě vytápění zároveň produkují elektrickou energii. Obvykle se v nich jako topného media využívá plynu nebo topného oleje. Uvádí se, že dokážou využít palivo z 80 až 85 %. Elektrickou energii a teplo vyrábějí v poměru asi 1:2 a jejich využití se doporučuje pro domy, které využijí jejich produkci tepla i mimo topnou sezónu. (Novotná, 2001)

Dalo by se tedy říci, že kogenerační jednotky se zvláště hodí do chladnějších oblastí, kde mají pro své fungování větší opodstatnění.

7. Vývojové trendy energeticky efektivních domů v České republice

V České republice (ČR) se EED začínají stále více prosazovat mezi ostatními stavbami, ale podle současné stupnice pro hodnocení domu z energetického hlediska se domy řadí do 7 kategorií (A až G), přičemž velký počet staveb se řadí do kategorie E, F a G (nehospodárná, velmi nehospodárná a mimořádně nehospodárná). Do kategorie D (nevyhovující) se řadí domy postavené v průběhu 80. let 20. století i většina domů postavených později v 90. letech. Domy z 90. let, které splňují normy platné po roce 2000, jsou domy kategorie C (vyhovující), domy splňující doporučené požadavky B (úsporné) a do kategorie A (mimořádně úsporné) řadíme lepší NED a EPD. Velké množství postavených staveb během devadesátých let minulého století, které nesplňují kritéria pro EED budou v blízké době způsobovat značné ekonomické i ekologické ztráty. (Nagy, 2009)

Energeticky úsporné domy se v ČR staví stále málo. Oproti tomu státy jako např. Německo nebo Rakousko mají už s výstavbou těchto domů rozsáhlé zkušenosti a jejich podpora je tam již delší dobu podporována. Důvody proč se u nás ke stavbě EED odhodlá stále nízký počet lidí jsou vyšší cena (ovšem dle různých uvedených zdrojů se maximum navýšení ceny pohybuje kolem 10 %), složitost celé stavby, nedostatečný zájem o budoucí úspory a v minulosti velice špatná informovanost obyvatel. Dalším důvodem bývá i špatná zkušenost tuzemských firem s výstavbou těchto objektů a kvůli jejich náročnosti na detaily a perfektní provedení.

Nabídka je v ČR také značně nevyhovující. To je nejspíše jeden z hlavních důvodů, protože zájem o problematiku EED u nás stále roste. Češi jsou častým návštěvníkem informačních center právě třeba i v Rakousku. Přesto jsou u nás EED stále ještě v malém počtu (zhruba tisícovka), jak uvádí server eStav.cz. Server také uvádí, že v Horním Rakousku se nepovoluje jiná než EED. V Rakousku dokonce existuje firma, u které je možnost si bydlení v úsporném domě vyzkoušet. (eStav.cz, 2007, LEA, 2005)

8. Závěr

Ze všech uvedených příkladů a principů, které charakterizují EED můžeme vyvozovat, že tyto typy staveb jsou velice variabilní, avšak mají také svá jistá pravidla, která je třeba dodržet. Nicméně z hlediska udržitelného rozvoje a úspor energie se jedná o velice důležitý faktor, jelikož má v sobě velký potenciál pro úsporu energie. Musíme doufat, že v budoucnu se vyvine dostatečný tlak na obchodníky, realitní kanceláře a jiné společnosti a vytvoří se lepší prostředí pro rozvoj tohoto nového moderního stylu výstavby budov.

Po zhodnocení všech vlastností přinášejících zmiňovaná zařízení a probírané postupy bych zhodnotil možnost stavby NED nebo EPD jako velice slibnou. Vidíme, že tyto domy umožňují život ve zdravém vnitřním prostředí, úsporu financí při správném návrhu a provedení a dramaticky snižují znečištění lokálního životního prostředí menší produkcí emisí než většina recentních staveb u nás, využívajících jako palivo např. uhlí.

Z popsanych potřeb pro správnou výstavbu EED je zároveň patrné, že pro návrh a realizaci stavby je třeba spolupracovat se skutečnými profesionály. Neodbornost a špatné zkušenosti poskytovatelů služeb ve stavebním oboru, stejně jako neprofesionální přístup k zákazníkovi může mít předání špatných zkušeností dalším osobám přemýšlejících o vybudování či rekonstrukci svého domu brzdicí efekt pro tento v ČR relativně nový trend v bydlení.

9. Seznam citované a použité literatury a internetových zdrojů

BEJČEK, Václav; FIALA, Petr. Meziskelní fólie HEAT MIRROR TM Tepelné Zrcadlo TM : nová generace zasklívacích systémů pro 21. století. *Stavebnictví a interiér* [online]. 18. 6. 2003, 5, [cit. 2010-08-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/meziskelni-folie-heat-mirror-tm-tepelne-zrcadlo-tm/>>.

FEIST, Wolfgang; KLIEN, Jobst. *Nízkoenergetický dům : Úspory energie v bytové výstavbě budoucnosti*. 1. Ostrava : HEL, 1994. 183 s.

EStav.cz [online]. 2007 [cit. 2010-08-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.estav.cz/zpravy/nove/nizkoenergeticke-domy-ned-vystavba-cesko.html>>.

HUDEC, Mojmír. *Pasivní rodinný dům : Proč a jak stavět*. Vyd. 1. Praha : Grada Publishing, 2008. 112 s. ISBN 978-80-247-2555-0.

KOHOUTKOVÁ, Alžběta. *Varianty umístění fotovoltaických panelů na objektu*. Praha, 2010. 44 s. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Stavební fakulta, Katedra technických zařízení budov.

Liga ekologických alternativ. *EKODOMY II – energeticky chytré bydlení*. [CD-ROM] LEA 2005, [cit. 2010-08-06]

NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Vyd. 1. Bratislava: JAGA GROUP, 2009. 207 s. ISBN 978-80-8076-077-9.

NOVOTNÁ, Martina. Kogenerační jednotky. *Elektrika.cz* [online]. 17.07.2001, [cit. 2010-08-09]. Dostupný z WWW: <<http://elektrika.cz/data/clanky/kogj010717>>.

PREGIZER, Dieter. *Zásady pro stavbu pasivního domu*. Vyd. 1. Praha : Grada Publishing, 2009. 128 s. ISBN 978-80-247-2431-7.

PALEČEK, Stanislav. Blower door test průvzdušnosti budov - detekční metody. *TZB-info* [online]. 19.2.2007, [cit. 2010-08-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?i=3896&t=2>>

ŠMELHAUS, Pavel, et al. *Nízkoenergetický dům*. Vyd. 1. Praha : ARCH, 2004. 117 s. ISBN 80-86165-94-9.

TYWONIAK, Jan, et al. *Nízkoenergetické domy : Principy a příklady*. Vyd. 1. Praha : Grada Publishing, 2005. 200 s. ISBN 80-247-1101-X.

Abeceda tepelných čerpadel [online]. 2010 [cit. 2010-08-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.abeceda-cerpadel.cz/>>.

ITest.cz [online]. 18.2.2008 [cit. 2010-08-10]. Dostupné z WWW: <http://www.itest.cz/kotle/kotle_kond.htm>.

Tepelná čerpadla [online]. 2010 [cit. 2010-08-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.abeceda-cerpadel.cz/>>.

Travníky - zelená střecha [online]. 2008 [cit. 2010-08-03]. Garten.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.garten.cz/a/cz/3496-travniky-zelena-strecha/>>.

Zelená střecha [online]. 2010 [cit. 2010-08-04]. Ekodřevostavby. Dostupné z WWW: <<http://www.ekodrevostavby.cz/stavba/zelena-strecha.html>>.

Zdroje obrázků

Obr. č.1

ŠMELHAUS, Pavel, et al. *Nízkoenergetický dům*. Vyd. 1. Praha : ARCH, 2004. 117 s. ISBN 80-86165-94-9.

Obr. č. 2 a 4

Pasivní stavby [online]. c2009 [cit. 2010-08-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.pasivni-stavby.com/pasivni-domy/o01.jpg>>.

Obr. č. 3

Hbm Energie-Projekt-Beratung [online]. 2010 [cit. 2010-08-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.erneuerbare-energien-info.com/assets/images/EEGeminihausWeiz0.jpg>>.

Obr. č. 5 a 7

Časopis stavebnictví [online]. 2009 [cit. 2010-08-10]. Přerušení tepelných mostů prvky Schöck Isokorb. Dostupné z WWW: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/UserFiles/Image/2009/0903/68_2_termovizni-snimek.jpg>.

Obr. č. 6

Allegro Praha [online] 2006 [cit. 2010-08-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.allegro-praha.cz/Produkty/Polystyren-EPS/vse-o-zatepleni-staveb.aspx>>.

Obr. č. 8

Grünwald [online]. c2001 [cit. 2010-08-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.grunwald-plyn.cz/reference14.jpg>>.

Obr. č. 9

Mvb.cz [online]. c2000 [cit. 2010-08-10]. Tepelná čerpadla země / voda WPC. Dostupné z WWW: <<http://www.mvb.cz/userfiles/images/tepelna-čerpadla/tepelne-čerpadlo-zeme-voda-kolektor.jpg>>.

Obr. č. 10

Zdeněk Lešák [online] [cit. 2010-08-10] Dostupné z WWW: <<http://www.lesakzdenek.cz/product/trubicovy-solarni-kolektor-regulus-ktu-105/>>

Obr. č. 11 a 12

KOHOUTKOVÁ, Alžběta. *Varianty umístění fotovoltaických panelů na objektu*. Praha, 2010. 44 s. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Stavební fakulta, Katedra technických zařízení budov.

Seznam zkratk

EED – energeticky efektivní dům

END – energeticky nezávislý dům

EPD – energeticky pasivní dům

NED – nízkoenergetický dům

OSB – Oriented Strand Board – jsou plošně lisované desky z orientovaných velkoplošných třísek fixovaných umělými pryskyřicemi

TČ – tepelné čerpadlo

TUV – teplá užitková voda

UV – ultrafialové záření

10. Příloha

V příloze bych rád uvedl zkušenosti při instalování a provozu tepelného čerpadla pro rodinný dům, které jsem měl díky vstřícným majitelům objektu příležitost zjistit.

Vlastnosti rodinného domu:

2 podlažní, nepodsklepený s šikmou střechou, původně vytápěný kotlem na pevná paliva, vystavěn z materiálu porotherm, v dobrém stavu.

Zastavěná plocha: 114 m²

Obestavěný prostor: 624 m³

Majitelé se rozhodli vyměnit původní vytápění na tuhá paliva za tepelné čerpadlo IVT Greenline C7, především z důvodu nesnadného přístupu ke zvažovanému plynovému mediu. Čerpadlo užívá zemní technologický vrt o délce 91 m, je naplněn nemrznoucí bezfreonovou směsí s teplotou tuhnutí cca -15°C. Čerpadlo je užíváno jak pro vytápění, tak ohřev TUV. Jako dohřívač slouží elektrický kotel s kaskádním spínáním 3 – 6 – 9 kW. Množství otopné vody činí 60 l a kapacita akumulátoru pro TUV činí 165 l vody. Příprava TUV má přednost před přípravou topné vody. Teplota je nastavena termostatem na střední hodnotu 47°C, regulace umožňuje periodicky nastavit přehřátí zásobníku na teplotu 65°C až 70 °C. Konečná cena (veškeré zařízení a práce) činila 362 400,- Kč. Energetickým auditem v r. 2003 byla vypočtena hodnota pro spotřebu energie 43,9 GJ/rok z původních 88 GJ/rok a potenciál úspor energie 44,1 GJ/rok (12,2 MWh/rok).

Z udávané úspory elektřiny plyne, že při zvýhodněné ceně elektřiny 2 Kč za kWh je návratnost investice při nulových servisních nákladech cca 15 let.

Uváděné parametry pro výkon:

Při 0°C/35°C (teplota na vstupu/teplota na výstupu):

Výkon: 7,9 kW, Příkon: 1,7 kW, Topný faktor: 4,5

Při 0°C/45°C:

Výkon: 7,0 kW, Příkon: 1,9 kW, Topný faktor: 3,7

Při 0°C/50°C:

Výkon: 6,6 kW, Příkon: 2,0 kW, Topný faktor: 3,3

Výkon vestavěného elektrokotle: 4,3 kW

Celkový výkon: 10,9 kW, celkový maximální příkon: 4,3 kW.

Max. výstupní teplota 55°C

Zkušenosti majitelů:

Při hloubení vrtu zaměstnanec najaté firmy uvedl, že během prací dojde k zatopení zahrady blátem a chtěl výkopovou zeminu vyvézt do blízkého potoka, což se díky důraznému protestu majitelů nakonec nestalo. Instalace sestavy tepelného čerpadla proběhla v pořádku.

Jako uživatelé tepelného čerpadla pro ohřev TUV a vytápění podali žádost o zvýhodněný tarif D55. Bylo jim sděleno, že k jejich domu nevede vhodné vedení a nabídli jeho vybudování, pakliže žadatelé budou tento projekt spolufinancovat, což činilo řádově 800 000,- Kč. Majitelé zaslali stížnost na Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO). Byli kontaktováni pověřeným zaměstnancem MPO, který jim sdělil, že je po nich spolufinancování žádáno zcela neoprávněně a byla sjednána náprava. Po vyřízení věci praktické zprovoznění tarifu podle majitelů zabralo asi 3 minuty.

S fungováním sestavy tepelného čerpadla jsou majitelé spokojeni, především v topné sezóně.